

---

**PENGARUH CAIRAN PENDINGIN PADA CAMPURAN AIR KAPUR DENGAN MINYAK JELANTAH TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 42 DI PROSES END MILLING**

---

**Dedy Sulaiman<sup>1)</sup>, Mochamad Mas'ud<sup>2)</sup>**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin Universitas Yudharta Pasuruan

Email : [sulaimandedy78@gmail.com](mailto:sulaimandedy78@gmail.com), [masud.teknik@yudharta.ac.id](mailto:masud.teknik@yudharta.ac.id)**ABSTRAK**

Pada proses produksi manufaktur khususnya logam hasil produksi memerlukan peningkatan kualitas produk. Mesin frais merupakan salah satu proses pemesian yang menggunakan alat mata potong jamak yang berputar dengan cairan pendingin yang berfungsi untuk memperpanjang umur pahat dan meningkatkan kualitas permukaan hasil produk. Di UMKM logam kabupaten pasuruan proses pemesian menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak jelantah yang merupakan pendingin alteranatif maka perlu dilakukan penelitian. Pada proses (*end milling*) variabel kecepatan putaran spindel (955 rpm, 995 rpm dan 1035 rpm ) dengan kedalaman pemakanan (0,1 mm; 0,3 mm; dan 0,5 mm) menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak jelantah yaitu 1 : 4. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekasaran permukaan baja st 42 menggunakan pendingin campuran air kapur dengan minyak jelantah dibanding cairan pendingin dromus. Dari hasil penelitian menunjukkan pengaruh kekasaran permukaan baja st 42 pada variabel terbaik kecepatan putaran spindel 1035 rpm, kedalaman pemakanan 0,1 mm menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak jelantah terdapat nilai kekasaran permukaan  $0,02 \mu\text{m}$ . Sedangkan dengan kecepatan putaran spindel dan kedalaman pemakanan yang sama menggunakan cairan pendingin dromus terdapat nilai kekasaran permukaan  $0,01 \mu\text{m}$ , sedangkan paling kasar pada kecepatan putaran spindel 955 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng hasil kekasaran permukaan  $3,31 \mu\text{m}$ .

Kata Kunci : End milling, cairan pendingin, kekasaran permukaan.

**ABSTRACT**

*In the manufacturing production process, especially metals produced require increased product quality. Milling machine is one of the machining processes that use a plural rotating cutting eye tool with cooling fluid that serves to extend the life of the tool and improve the surface quality of the product. In UMKM metal Pasuruan district machining process using a cooling liquid mixture of lime water with used cooking oil, which is an alternative refrigerant it is necessary to do research. In the process (*end milling*) the spindle rotation speed variable (955 rpm, 995 rpm and 1035 rpm) with the depth of feeding (0.1 mm; 0.3 mm; and 0.5 mm) using a cooling liquid mixture of lime water with cooking oil that is 1: 4. The purpose of this study was to determine the surface roughness of the 42 st steel using a cooling mixture of lime water with used cooking oil compared to the liquid cooling dromus. From the results of the study showed the influence of the surface roughness of the 42 st steel on the best variable spindle rotation speed of 1035 rpm, ingestion depth of 0.1 mm using a liquid mixture of lime water with used cooking oil contained a surface roughness value of  $0.02 \mu\text{m}$ . Whereas with the same spindle rotation speed and feeding depth using dromus cooling liquid there is a surface roughness value of  $0.01 \mu\text{m}$ , while the roughest at the spindle spin speed is 955 rpm with an ingestion depth of 0.5 mm using a cooling liquid mixed with lime water and cooking oil.  $3.31 \mu\text{m}$  surface.*

*Keywords: End milling, cooling liquid, surface roughness.*

---

## PENDAHULUAN

Berkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini semakin meningkat, pada hasil produksi harus diimbangi dengan peningkatan kualitas hasil produk tersebut. Pada proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas seperti mesin frais, mesin bubut, mesin sekrup dan mesin bor, akan mempermudah dalam pembuatan komponen-komponen mesin sehingga pada komponen mesin akan semakin efisien dengan ketelitian yang tinggi.

Proses pemesinan adalah proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam. Diperkirakan sekitar 60% sampai 80% dari seluruh proses pembuatan komponen mesin yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan. Proses pemesinan frais (*milling*) merupakan proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak mengitari pisau untuk menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pisau, dan penyayatannya (Widarto: 2008).

Proses pemesinan frais memiliki parameter-parameter sebagai indikator pengukuran, misalnya kecepatan putaran spindel, kecepatan potong, kedalaman potong, kecepatan pemakanan, sudut pemotongan, gerak makan pergigi, jenis bahan material, dan pahat yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas yang dihasilkan (Widarto: 2008). Pada sebuah penelitian terdapat variabel bebas dan variabel terikat yaitu, untuk variabel bebas kecepatan putaran spindel, kedalaman pemakanan dan jenis benda kerja untuk variabel terikat kekasaran permukaan baja st 42.

Baja merupakan salah satu logam ferro yang banyak digunakan dalam dunia teknik dan industri. Kandungan baja yang utama yaitu besi dan karbon. Kandungan besi (Fe) pada baja sekitar 97% dan karbon (C) sekitar 0,2% hingga 2,1% sesuai *grade*-nya. Selain unsur besi (Fe) dan karbon (C), baja mengandung unsur lain seperti mangan (Mn) dengan kadar maksimal 1,65%, silikon (Si) dengan kadar maksimal 0,6%, tembaga (Cu) dengan kadar maksimal 0,6%, sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda (Adyana D.N, 2014).

Baja memiliki banyak jenis, salah satunya adalah baja karbon rendah yang memiliki kadar karbon sebesar 0,025% – 0,25% C. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil (Imaddudin Alislami, 2015). Proses pemesinan dengan cairan pendingin yang digunakan berfungsi untuk memperpanjang umur pahat, mengurangi deformasi benda kerja karena panas, meningkatkan kualitas permukaan hasil pemesinan, dan membersihkan geram dari permukaan potong. Cairan pendingin tersebut akan mempengaruhi dalam proses pemesinan terhadap kualitas produk dari kekasaran atau kehalusan permukaan yang dihasilkan. Kekasaran permukaan merupakan faktor utama untuk evaluasi produk pemesinan dapat diterima atau tidak oleh konsumen, hal ini disebabkan karena adanya guratan kekasaran permukaan pada produk sehingga ukurannya tidak sesuai dengan yang diinginkan. Kekasaran permukaan pada hakekatnya akan terjadi takikan, dimana takikan tersebut merupakan tempat konsentrasi tegangan sehingga apabila dikenai beban tinggi akan berakibat keretakan maupun patah. Permukaan kekasaran yang mengalami keretakan maupun patah akan berpengaruh terhadap proses pengkaratan, karena terjadi guratan pada permukaan benda kerja yang lebih besar.

Pada proses pemesinan frais (*milling*) maupun bubut (*turning*) dalam penyayatan benda kerja biasanya menggunakan cairan pendingin dromuse untuk memperoleh hasil atau kualitas yang bagus pada benda kerja yang disayat. Dromus merupakan minyak mineral hasil penyulingan yang memberikan pendinginan baik dalam hal pelumasan dan perlindungan karat. Dromus juga mempunyai tingkat kelarutan yang tinggi terhadap air, cairan pendingin ini mempunyai tingkat kekentalan yang rendah serta dipilih sebagai media pendingin khusus

yang mampu berinteraksi langsung dengan logam, besi, baja. Namun harganya cukup mahal dan hanya dikota atau toko-toko tertentu yang ada untuk mendapatkan cairan tersebut Akan tetapi pada sebuah bengkel atau home industri bubut dan frais menggunakan cairan pendingin dalam proses pemesinan end milling salah satunya campuran air kapur dengan minyak untuk mempermudah proses pemesinan. Cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng ini harganya murah, kualitas benda kerja bagus dan bahan mudah didapat tetapi pada tingkat kekasarannya belum diketahui. Dari hasil uji laboratorium proses produksi II Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang nilai kekasaran permukaan benda kerja yang baik yaitu  $0,01 \mu\text{m}$ , diperoleh dengan menggunakan jenis cairan pendingin (Dromus) dan kedalaman pemakanan  $0,1 \text{ mm}$  dengan kecepatan putaran spindel  $1035 \text{ rpm}$  dimana jenis cairan pendingin kedalaman potong serta kecepatan putaran spindel sangat berpengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja.

Permasalahan yang terjadi ialah bagaimana pengaruh kecepatan putaran spindel dan kedalaman pemakanan menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng terhadap kekasaran permukaan baja st 42 . Tujuan untuk mengetahui kualitas benda kerja dengan variasi kecepatan putaran spindel dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan baja st 42 menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng.

## TINJAUAN PUSTAKA

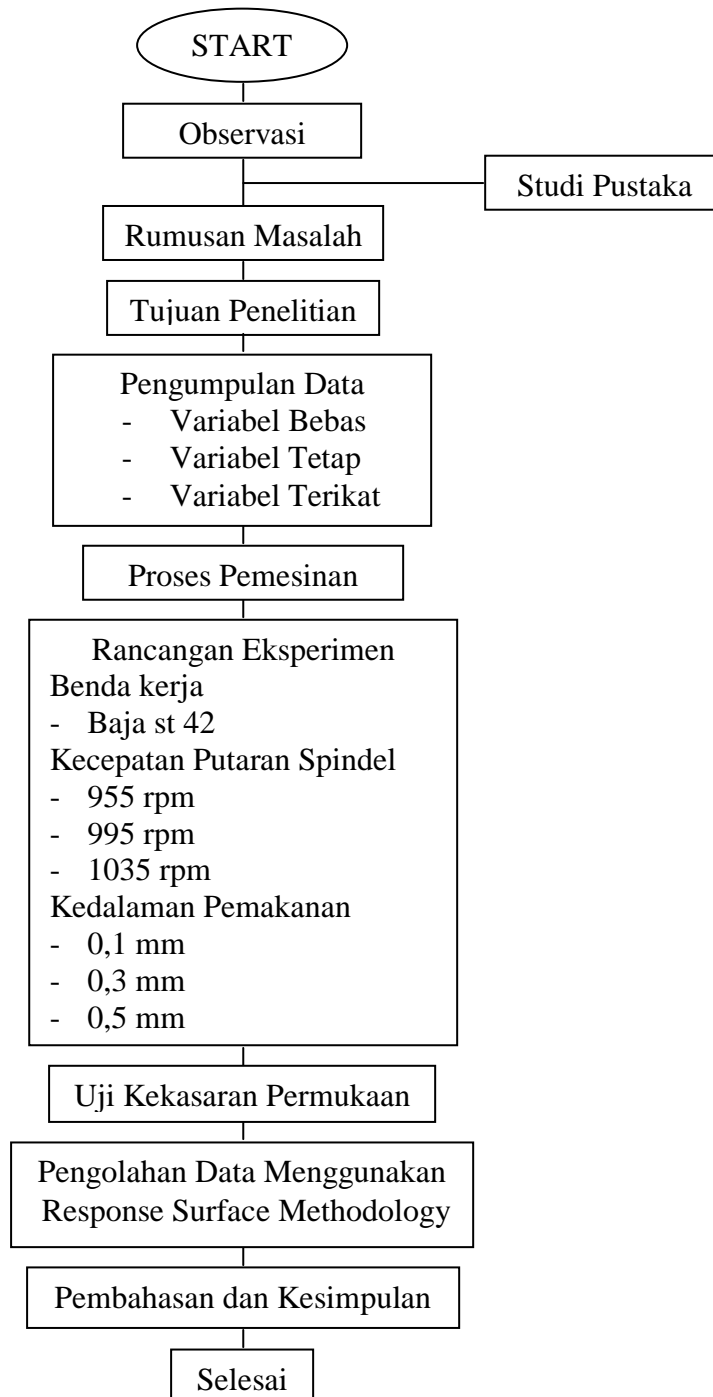
Menurut (Eko Redi Winarto,2014) Kekasaran permukaan paling baik menggunakan cairan cutting APX dengan kedalaman potong  $0,2 \text{ mm}$  dan kecepatan putaran  $1500 \text{ rpm}$  menghasilkan nilai  $0,692 \mu\text{m}$  sedangkan kekasaran paling buruk menggunakan cairan kyoso dengan kedalaman pemakanan  $0,6 \text{ mm}$  dan kecepatan putaran  $540 \text{ rpm}$  menghasilkan nilai kekasaran  $0,885 \mu\text{m}$  , semakin tinggi kecepatan putaran spindle maka tingkat kekasaran permukaan semakin baik dan semakin rendah kedalaman potong maka nilai kekasaran permukaan semakin rendah

Menurut (Sumbodo,2008)“mesin frais (*milling machine*) adalah mesin perkakas yang digunakan pada proses pemotongan dengan menyayat/ memakan benda kerja dengan menggunakan alat potong yang berputar (*multipoint cutter*)”. Mesin frais ada yang dikendalikan secara mekanis maupun secara otomatis menggunakan pemrograman. Mesin frais yang digerakkan secara manual sering disebut mesin frais konvensional, sedangkan mesin frais yang digerakkan secara otomatis menggunakan pemrograman disebut mesin frais CNC.

Mesin frais konvensional posisi *spindel* ada dua macam yaitu horizontal dan vertikal. Yang membedakan dari keduanya adalah pada mesin frais vertikal kepala *spindel*nya dapat diputar yang memungkinkan penyetelan *spindel* dalam bidang vertikal pada setiap sudut dari vertikal sampai horizontal. Tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada *spindel* mesin *milling*.

## METODE PENELITIAN

Adapun tahapan-tahapan alir penelitian antara lain :



Gambar.1 Diagram Alir Proses Penelitian

## RANCANGAN EKSPERIMEN

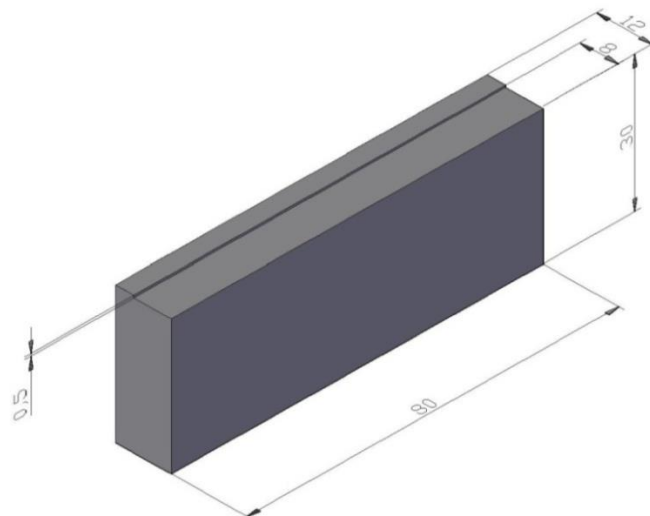
Membuat desain benda kerja yang akan kita lakukan, menentukan bahan yang kita pakai dengan ukuran yang sudah kita rancang, menyiapkan alat dan bahan untuk proses pemesinan dan dapat dilanjutkan proses pengerjaan. Adapun Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Alat

- ❖ Mesin Frais
- ❖ Jangka Sorong ( Vernier Caliper )
- ❖ Surface Roughness Gauge
- ❖ Mata bor
- ❖ Mistar Siku dan Pengaris Baja
- ❖ Gergaji Besi
- ❖ *Surface Roughness Gauge*

b. Bahan

- ❖ Baja st 42
- ❖ Air Kapur Dengan Minyak Goreng
- ❖ Dromus



Gambar 2. Benda Kerja Dengan Penyayatan 0,5 (mm)

## LOKASI PENELITIAN

Tempat yang dijadikan subjek dalam penelitian ini adalah Laboratorium Proses Produksi II Intitut Teknologi Nasional Malang yang berlokasi di Jl.Raya Karanglo KM.2 – Malang.

## FOKUS PENELITIAN

Dalam penelitian ini yang menjadi fokus penelitian adalah pengaruh variasi putaran spindel dengan kecepatan putaran 955 rpm, 995 rpm, 1035 rpm dan kedalaman pemakanan 0.1 mm, 0.3 mm, 0.5 mm dengan menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng. Dimensi ukuran benda kerja panjang 80 mm, lebar 12 mm dan tinggi benda kerja 30 mm . pada *proses end milling* untuk variabel terikat adalah kekasaran permukaan dan variabel tetap kecepatan pemakanan (*Feed Rate*) 0,02 inci.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekasaran permukaan baja st 42 dilakukan setelah benda kerja melalui proses pemesinan menggunakan mesin frais (*end milling*) yang telah direncanakan yaitu dengan variasi kecepatan putaran *spindle* 955 rpm, 995 rpm dan 1035 rpm dengan variasi kedalaman pemakanan 0,1 mm, 0,3 mm dan 0,5 mm dengan menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng.

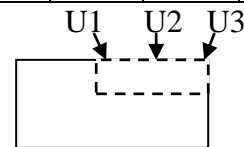
Pengerjaan benda kerja dengan mengefrais rata permukaannya, kemudian diambil 3 titik untuk pengujian. Pengukuran pertama dilakukan pada sisi saat pertama kali pisau menyayat benda kerja, pengukuran kedua di sebelah kiri setelah pengukuran pertama benda kerja dan pengukuran ketiga di sebelah kirinya setelah pengukuran kedua benda kerja. Hasil pengukuran dari tiga titik kemudian diambil nilai rata-ratanya untuk kekasaran permukaan antara lain :

Tabel 1. Data hasil uji kekasaran permukaan

Jenis Benda Kerja	Kecepatan Putaran Spindle (Rpm)	Cairan Pendingin	Kedalaman Pemakanan (mm)	Benda Uji	Uji Kekasaran Permukaan ( $\mu m$ )			Ra ( $\mu m$ )	
					U1	U2	U3		
Baja St 42	955	Campuran Air Kapur Dengan Minyak Goreng	0,1	1	0,06	0,02	0,05	0,04	
			0,3	2	1,56	1,46	1,59	1,54	
			0,5	3	3,08	2,84	4	3,31	
	995		0,1	4	0,57	0,29	0,65	0,50	
			0,3	5	1,43	1,5	1,47	1,47	
			0,5	6	1,7	1,49	1,51	1,57	
			1035	0,1	7	0,02	0,01	0,03	0,02
				0,3	8	0,57	0,38	0,69	0,55
				0,5	9	1,97	1,47	1,64	1,69

NB : 1. Data uji 1,2,3 sudah 3 x pengambilan uji

2. Rata-rata uji diperoleh dari  $(U1+U2+U3/3)$



## PENGOLAHAN DATA HASIL UJI KEKASARAN PERMUKAAN BERDASARKAN KEDALAMAN PEMAKANAN

Hasil taksiran parameter model untuk kekasaran permukaan berdasarkan kedalaman pemakanan. Dari tabel tersebut selanjutnya di buat model persamaan kekasaran permukaan penduga model orde kedua. Persamaan model orde keduanya yaitu :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

Di mana :

Y = Respon

$X_i$  = Variable bebas,  $i = 1, 2, \dots, k$

$b_i$  = Koefisien parameter model

Dari persamaan tersebut di hasilkan model persamaan kekasaran permukaan berdasarkan gambar 6 adalah sebagai berikut :

$$Y_{\text{kekasaran permukaan}} = 1,17889 + 1,00167 (\text{kedalaman pemakanan mm}) - 0,43833 (\text{kecepatan putaran spindle rpm}) + 0,00167 (\text{kedalaman pemakanan})$$

$mm)^2 + 0,01167 (kecepatan\ putaran\ spindle)^2 - 0,40000 (kedalaman\ pemakanan\ mm * kecepatan\ putaran\ spindle\ rpm)$ .

$Y_{kekasaran\ permukaan}$  = Taksiran kekasaran permukaan

$X_1$  = Variable kecepatan putaran spindle rpm

$X_2$  = kedalaman pemakanan mm

$X_1^2$  = Kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan

Berdasarkan uji parameter model menunjukkan variabel kedalaman pemakanan mm, kecepatan putaran spindle, kuadrat kedalaman pemakanan dan kuadrat kecepatan putaran *spindle* memiliki pengaruh penting terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dikarenakan p-value pada variabel-variabel cukup kecil. Adapun p-value untuk masing-masing variabel adalah :

- P-value kedalaman pemakanan = 0,019
- P-value kecepatan putaran *spindle* = 0,138
- P-value kedalaman pemakanan \* kedalaman pemakanan = 0,997
- P-value kecepatan putaran *spindle* \* kecepatan putaran *spindle* = 0,977
- P-value kedalaman pemakanan \* kecepatan putaran *spindle* = 0,231

Analysis of Variance for kekasaran permukaan					
Source	MS	F	P	DF	Seq SS
Regression					Adj SS
1,56262	5,49	0,096		5	7,81311
Linear					Adj
3,58642	12,60	0,035		2	7,17283
kedalaman pemakanan mm					
6,02002	21,16	0,019		1	6,02002
kecepatan putaran spindle rpm					
1,15282	4,05	0,138		1	1,15282
Square					
0,00014	0,00	0,022		2	0,00028
kedalaman pemakanan mm*kedalaman pemakanan mm					
0,00001	0,00	0,997		1	0,00001
kecepatan putaran spindle rpm*kecepatan putaran spindle rpm					
0,00027	0,00	0,977		1	0,00027
Interaction					
0,64000	2,25	0,231		1	0,64000
kedalaman pemakanan mm*kecepatan putaran spindle rpm					
0,64000	2,25	0,231		1	0,64000
Residual Error					
0,28455				3	0,85364
Total				8	8,66676
Estimated Regression Coefficients for kekasaran permukaan using data in uncoded units					
Term	Coef				
Constant	2,87761				
kedalaman pemakanan mm	54,7333				
kecepatan putaran spindle rpm	-0,0104687				
kedalaman pemakanan mm*	0,0416667				
kedalaman pemakanan mm					
kecepatan putaran spindle rpm*	7,29167E-06				
kecepatan putaran spindle rpm					
kedalaman pemakanan mm*	-0,0500000				
kecepatan putaran spindle rpm					

Gambar 3. Analysis Variance Untuk Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kedalaman Pemakanan

Untuk memeriksa signifikan model, dapat kita lihat pada gambar 7 menunjukkan tabel Analysis of Variance for kekasaran permukaan hasil model tersebut menunjukkan bahwa model linier (p-value = 0,035) dan model kuadratik (p-value = 0,022) signifikan karena p-value keduanya kurang dari  $\alpha = 0,05$  (kasus menggunakan level signifikan 5%).



---

## PENGOLAHAN DATA HASIL UJI KEKASARAN PERMUKAAN BERDASARKAN KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE*

Hasil taksiran parameter model untuk kekasaran permukaan berdasarkan kecepatan putaran *spindle*. Dari tabel tersebut selanjutnya di buat model persamaan kekasaran permukaan penduga model orde kedua. Persamaan model orde keduanya yaitu :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

Di mana :

Y = Respon

$X_i$  = Variable bebas,  $i = 1, 2, \dots, k$

$b_i$  = Koefisien parameter model

Dari persamaan tersebut di hasilkan model persamaan kekasaran permukaan berdasarkan gambar 11 adalah sebagai berikut :

$$Y_{\text{kekasaran permukaan}} = 1,17889 - 0,43833 (\text{kecepatan putaran spindle rpm}) + 1,00167 (\text{kedalaman pemakanan mm}) + 0,01167 (\text{kecepatan putaran spindle rpm})^2 + 0,00167 (\text{kedalaman pemakanan mm})^2 - 0,40000 (\text{kecepatan putaran spindle mm} * \text{kedalaman pemakanan rpm}).$$

Keterangan :

$Y_{\text{kekasaran permukaan}}$  = Taksiran kekasaran permukaan

$X_1$  = Variable kecepatan putaran spindle rpm

$X_2$  = kedalaman pemakanan mm

$X_1^2$  = Kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan

Berdasarkan uji parameter model menunjukkan variabel kecepatan putaran *spindle*, kedalaman pemakanan ,kuadrat kecepatan putaran *spindle* dan kuadrat kedalaman pemakan memiliki pengaruh penting terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dikarenakan p-value pada variabel-variabel cukup kecil. Adapun p-value untuk masing-masing variabel adalah :

- P-value kecepatan putaran *spindle* = 0,138
- P-value kedalaman pemakanan = 0,019
- P-value kecepatan putaran *spindle* \* kecepatan putaran *spindle* = 0,977
- P-value kedalaman pemakanan \* kedalaman pemakanan = 0,997
- P-value kecepatan putaran *spindle* \* kedalaman pemakanan = 0,231



Analysis of Variance for kekasaran permukaan							
Source	MS	F	P	DF	Seq SS	Adj SS	Adj
Regression				5	7,81311	7,81311	
1,56262	5,49	0,096					
Linear				2	7,17283	7,17283	
3,58642	12,60	0,035					
kecepatan putaran spindle rpm				1	1,15282	1,15282	
1,15282	4,05	0,138					
kedalaman pemakanan mm				1	6,02002	6,02002	
6,02002	21,16	0,019					
Square				2	0,00028	0,00028	
0,00014	0,00	0,022					
kecepatan putaran spindle rpm*kecepatan putaran spindle rpm				1	0,00027	0,00027	
0,00027	0,00	0,977					
kedalaman pemakanan mm*kedalaman pemakanan mm				1	0,00001	0,00001	
0,00001	0,00	0,997					
Interaction				1	0,64000	0,64000	
0,64000	2,25	0,231					
kecepatan putaran spindle rpm*kedalaman pemakanan mm				1	0,64000	0,64000	
0,64000	2,25	0,231					
Residual Error				3	0,85364	0,85364	
0,28455							
Total				8	8,66676		

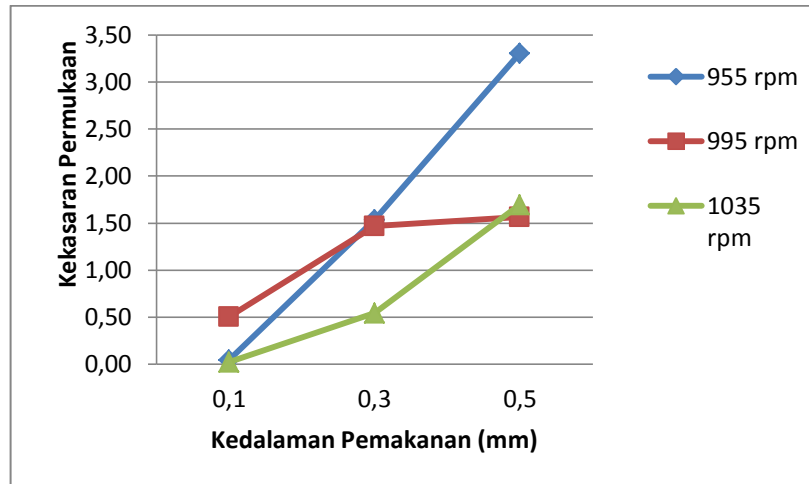
Estimated Regression Coefficients for kekasaran permukaan using data in uncoded units	
Term	Coef
Constant	2,87761
kecepatan putaran spindle rpm	-0,0104688
kedalaman pemakanan mm	54,7333
kecepatan putaran spindle rpm*	7,29167E-06
kecepatan putaran spindle rpm	
kedalaman pemakanan mm*	0,0416667
kedalaman pemakanan mm	
kecepatan putaran spindle rpm*	-0,0500000
kedalaman pemakanan mm	

Gambar 4. Analysis Variance Untuk Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kecepatan Putaran *Spindle*

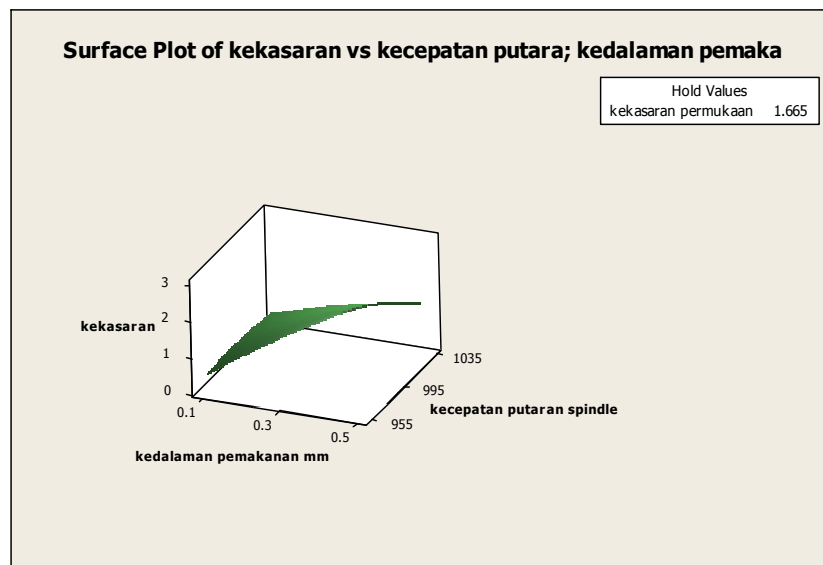
Untuk memeriksa signifikan model, dapat kita lihat pada gambar 12 menunjukkan tabel Analysis of Variance for kekasaran permukaan hasil model tersebut menunjukkan bahwa model linier (p-value = 0,035) dan model kuadratik (p-value = 0,022) signifikan karena p-value keduanya kurang dari  $\alpha = 0,05$  (kasus menggunakan level signifikan 5%).

#### TINGKAT KEKASARAN PEMUKAAN BENDA KERJA BERDASARKAN KEDALAMAN PEMAKANAN

Dibawah ini adalah penyajian data berupa grafik dan surface plot kekasaran permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan antara lain :



Gambar 5. Grafik Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kedalaman Pemakanan



Gambar 6. Surface Plot Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kedalaman Pemakanan

Pada gambar 16 dan 17 pengerjaan benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan, didapatkan hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut :

- Pada kecepatan putaran spindle 955 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 0,04  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 1,54  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 3,31  $\mu m$
- Pada kecepatan putaran spindle 995 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 0,50  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 1,47  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 1,57  $\mu m$
- Pada kecepatan putaran spindle 1035 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 0,02  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 0,55  $\mu m$

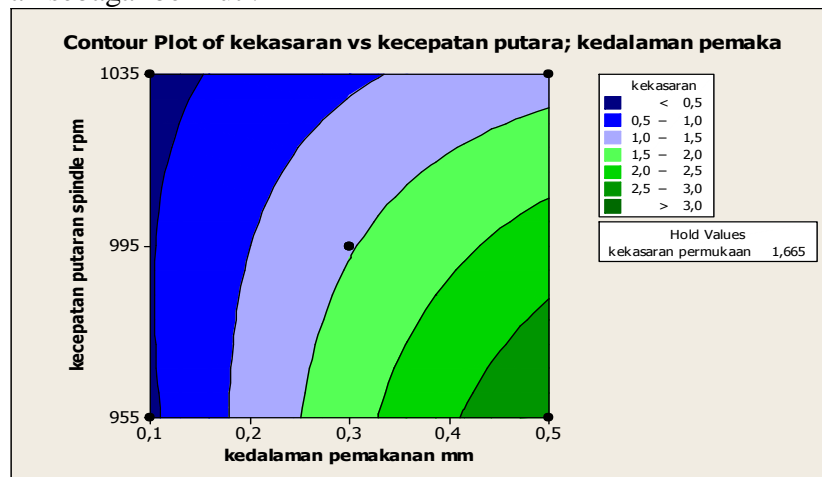
- Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 1,69  $\mu m$

Kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 16 dan 17. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kedalaman pemakanan menghasilkan tingkat kekasaran yang berbeda pula. Kekasaran permukaan benda kerja yang terbaik ialah yang nilainya terendah yang dihasilkan, masing-masing kedalaman pemakanan antara lain :

- Pada kecepatan putaran spindle 1035 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 0,02  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 0,55  $\mu m$
  - Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 1,69  $\mu m$

Kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kedalaman pemakanan yang kecil. Hal ini disebabkan, kedalaman pemakanan yang kecil membuat beban pisau pada saat melakukan penyayatan semakin kecil, sehingga pisau tidak terlalu bergetar dan menerima beban ringan ketika melakukan penyayatan dan membuat permukaan menjadi halus. Dengan semakin tinggi kedalaman pemakanan akan membuat gesekan antara pisau dan benda kerja semakin besar, hal ini akan membuat permukaan benda kerja semakin tidak halus dan juga sebaliknya.

Adapun contour plot (daerah kekasaran permukaan ) berdasarkan kedalaman pemakanan sebagai berikut :



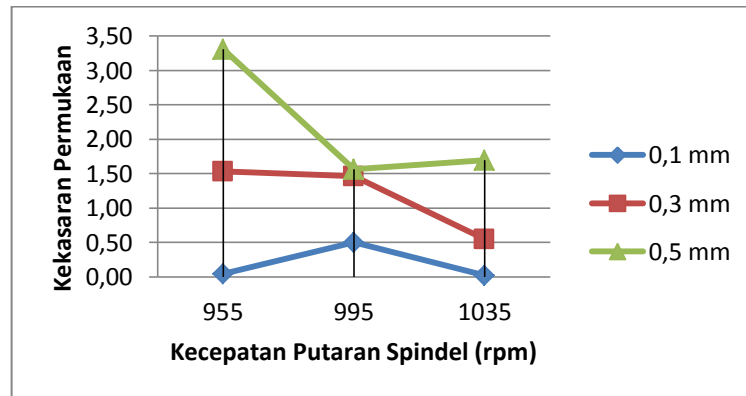
Gambar 7. *Contour plot* (daerah kekasaran permukaan) Berdasarkan Kedalaman Pemakanan

Pada gambar 18 terdapat daerah kekasaran permukaan yang di gambarkan berdasarkan warna antara lain :

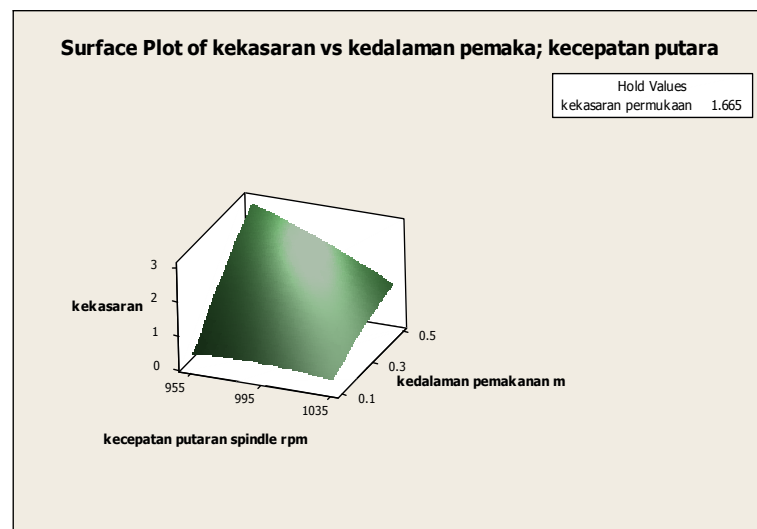
- Warna biru tua (dark blue) terdapat daerah kekasaran permukaan < 0,5.
- Warna biru (blue) terdapat daerah kekasaran permukaan 0,5 – 1,0.
- Warna biru langit (light sky blue) terdapat daerah kekasaran permukaan 1,0 – 1,5.
- Warna hijau pucat (pale green) terdapat daerah kekasaran permukaan 1,5 – 2,0.
- Warna hijau limau (lime green) terdapat daerah kekasaran permukaan 2,0- 2,5.
- Warna hijau tua (dark green) terdapat daerah kekasaran permukaan > 3,0.

## TINGKAT KEKASARAN PEMUKAAN BENDA KERJA BERDASARKAN KECEPATAN PUTARAN SPINDLE

Di bawah ini adalah penyajian data berupa grafik dan surface plot kekasaran permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kecepatan putaran *spindle* antara lain :



Gambar 8. Grafik Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kecepatan Putaran *Spindle*



Gambar 9. Surface Plot Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kecepatan Putaran *Spindle*

Pada gambar 19 dan 20 pengerjaan benda kerja berdasarkan kecepatan putaran spindle, didapatkan hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut :

- Pada kedalaman 0,1 mm
  - Kecepatan putaran spindle 955 rpm = 0,04  $\mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 995 rpm = 0,50  $\mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 1035 rpm = 0,02  $\mu m$
- Pada kedalaman 0,3 mm
  - Kecepatan putaran spindle 955 rpm = 1,54  $\mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 995 rpm = 1,47  $\mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 1035 rpm = 0,55  $\mu m$

- Pada kedalaman 0,5 mm
  - Kecepatan putaran spindle 955 rpm =  $3,31 \mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 995 rpm =  $1,57 \mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 1035 rpm =  $1,69 \mu m$

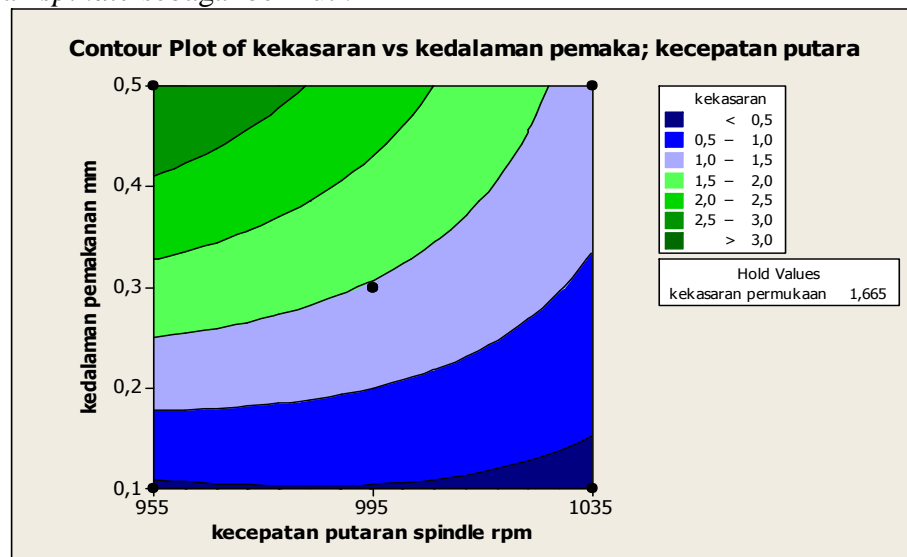
Kecepatan putaran spindle berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 19 dan 20. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kecepatan putaran spindle menghasilkan kekasaran yang berbeda pula. Kekasaran permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terendah yang dihasilkan masing-masing kecepatan putaran spindle antara lain :

- Pada kedalaman 0,1 mm
  - Kecepatan putaran spindle 955 rpm =  $0,04 \mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 995 rpm =  $0,50 \mu m$
  - Kecepatan putaran spindle 1035 rpm =  $0,02 \mu m$

Kekasaran permukaan benda kerja terbaik. Diperoleh dengan kecepatan putaran spindle tertinggi. Hal ini dikarenakan kecepatan putaran spindle yang tinggi mengakibatkan pisau semakin cepat berputar dan semakin sering penyayatan, sehingga benda kerja sering tersayat menyebabkan permukaan menjadi semakin halus.

Proses penyayatan yang dilakukan pisau semakin besar, daya yang dibutuhkan akan bertambah besar. Pisau akan panas sehingga mengalami keausan yang dapat menyebabkan proses penyayatan menjadi tidak sempurna atau tidak halus.

Adapun contour plot (daerah kekasaran permukaan ) berdasarkan kecepatan putaran *spindle* sebagai berikut :



Gambar 10. *Contour Plot* (daerah kekasaran permukaan) Berdasarkan Kecepatan Putaran *Spindel*

Pada gambar 21 terdapat daerah kekasaran permukaan yang di gambarkan berdasarkan warna antara lain :

- Warna biru tua (dark blue) terdapat daerah kekasaran permukaan  $< 0,5$ .
- Warna biru (blue) terdapat daerah kekasaran permukaan  $0,5 - 1,0$ .
- Warna biru langit (light sky blue) terdapat daerah kekasaran permukaan  $1,0-1,5$ .

- Warna hijau pucat (pale green) terdapat daerah kekasaran permukaan 1,5–2,0.
- Warna hijau limau (lime green) terdapat daerah kekasaran permukaan 2,0–2,5.
- Warna hijau tua (dark green) terdapat daerah kekasaran permukaan > 3,0.

Dari hasil grafik dan surface plot diatas baik berdasarkan kedalaman pemakanan maupun kecepatan putaran *spindle*. Kekasaran permukaan semakin tinggi apabila berada pada kecepatan putaran *spindle* terendah dengan kedalaman pemotongan yang besar dan kekasaran permukaan semakin rendah apabila berada pada kecepatan putaran *spindle* yang tinggi dengan kedalaman pemotongan yang kecil dimana kecepatan putaran *spindle* kedalaman pemotongan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

#### DATA HASIL UJI KEKASARAN PERMUKAAN

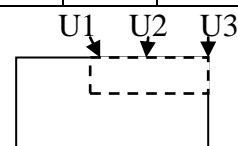
Adapun data hasil uji kekasaran permukaan pada baja st 42 menggunakan cairan pendingin dromus antara lain :

Tabel 2. Data Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Jenis Benda Kerja	Kecepatan Putaran Spindle (Rpm)	Cairan Pendingin	Kedalaman Pemakanan (mm)	Benda Uji	Uji Kekasaran Permukaan( $\mu m$ )			Ra ( $\mu m$ )
					U1	U2	U3	
Baja St 42	955	Dromus	0,1	1	0,05	0,01	0,02	0,03
	1035		0,1	2	0,01	0,01	0,02	0,01

( Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2019 )

- NB : 1. Data uji 1,2,3 sudah 3 x pengambilan uji  
 2. Rata-rata uji diperoleh dari  $(U1+U2+U3/3)$



#### HASIL PERBANDINGAN CAIRAN PENDINGIN DROMUS DAN CAMPURAN AIR KAPUR DENGAN MINYAK GORENG

Berdasarkan hasil uji kekasaran permukaan dengan menggunakan cairan pendingin dromuse didapatkan nilai kekasaran permukaan  $0,01 \mu m$  pada kecepatan putaran spindle 1035 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm sedangkan dengan menggunakan cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng didapatkan nilai kekasaran permukaan  $0,02 \mu m$  pada kecepatan putaran spindle 1035 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm maka, cairan pendingin campuran air kapur dengan minyak goreng dapat digunakan sebagai cairan pendingin alternatif pengganti cairan dromuse.

---

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi kecepatan putaran spindel kedalam pemakanan menggunakan campuran air kapur dengan minyak goreng terhadap kekasaran permukaan baja st 42 pada proses end milling maka, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan putaran spindel terbaik adalah 1035 rpm, karena menghasilkan kekasaran permukaan baja st 42 dengan nilai kekasaran permukaan terendah  $0,02 \mu m$  dan kecepatan putaran spindel terburuk adalah 955 rpm, karena menghasilkan nilai kekasaran permukaan tertinggi  $3,31 \mu m$ .
2. Kedalaman pemakanan terbaik adalah 0,1 mm karena menghasilkan menghasilkan kekasaran permukaan baja st 42 dengan nilai kekasaran permukaan terendah  $0,02 \mu m$  dan kedalaman pemakanan terburuk adalah 0,5 mm, karena menghasilkan nilai kekasaran permukaan tertinggi  $3,31 \mu m$ .

## SARAN

1. Bagi peneliti yang lain disarankan untuk mengembangkan topik lain mengenai cairan pendingin sehingga dapat melengkapi referensi dalam proses pengerjaan mesin frais *end milling*.
2. Apabila ingin mendapatkan hasil penelitian yang akurat, peneliti atau penulis di sarankan memperbanyak variabel kontrol yang lebih bervariasi pada proses pengerjaan mesin frais *end milling*.

## DAFTAR PUSTAKA

- AnggaMurjana,(2018),”definisi air kapur”, <https://rumus-kimia-air-kapur-dan-kegunaannya.com>. 17 Oktober 2018.
- BambangUtomo,(2015),”macam-macam pisau alat potong pada mesin frais”, <https://danidwikw.wordpress.com>. 1 April 2015.
- Imaduddinalislami,(2015),”pengertian baja”, <http://mengenalteknik.blogspot.com> 8 April 2015.
- LaOde,(2008),”mutu minyak jelantah”, <https://kuliahkechina.com>. 10 mei 2008.
- M.Mahreni,(2010),”Komposisi minyak bunga matahari ,kedelai dan minyak bekas”, <https://kuliahkechina.com>. 2 Desember 2010.
- Muchtarginting,(2012),”definisidromuse”, <https://cairandromus.com>. 2 February 2012.
- Munadi, S. 1988. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Jakarta : Proyek Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Rahdiyanta, D. 2010.*Proses Frais (Milling)*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rezajaelani,(2010),”material pisau frais”, <https://rezajaelani97.blogspot.com>. 12 April 2010
- Sumbodo, W. et al. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Widarto, et al. 2008a. *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Widarto, et al. 2008a. *Teknik Pemesinan Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.